

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-068254

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065  
 C23C 16/50  
 C23F 4/00  
 H01L 21/203  
 H01L 21/205  
 H01L 21/31  
 H05H 1/46

(21)Application number : 10-238999

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRONICS  
INDUSTRY CORP

(22)Date of filing : 25.08.1998

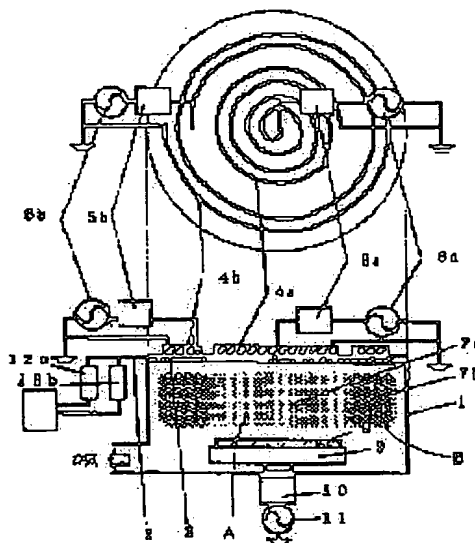
(72)Inventor : HAYASHI SHIGENORI  
YAMANAKA MICHINARI  
KUBOTA MASABUMI

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA TREATMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus of plasma treatment without decreasing radical density, even if it is high-density plasma.

SOLUTION: A treatment gas is fed and high-frequency power is applied to a plasma generating chamber 1 evacuated to a vacuum state to generate a plasma, and the surface of a workpiece on a workpiece stage 9 is exposed to the plasma in a plasma treatment apparatus. In this case, the plasma density of a space region (B) from an outer circumferential part around the workpiece stage 9 to a side face of a workpiece treatment chamber is made smaller than that of a space region (A) directly above the workpiece stage.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-68254

(P2000-68254A)

(43) 公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号    | F I            | テーマコード <sup>*</sup> (参考) |
|---------------------------|---------|----------------|--------------------------|
| H 0 1 L                   | 21/3065 | H 0 1 L 21/302 | B 4 K 0 3 0              |
| C 2 3 C                   | 16/50   | C 2 3 C 16/50  | 4 K 0 5 7                |
| C 2 3 F                   | 4/00    | C 2 3 F 4/00   | A 5 F 0 0 4              |
| H 0 1 L                   | 21/203  | H 0 1 L 21/203 | S 5 F 0 4 5              |
|                           | 21/205  | 21/205         | 5 F 1 0 3                |

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-238999

(22) 出願日 平成10年8月25日(1998.8.25)

(71) 出願人 000005943

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 林 重徳

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 山中 通成

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(74) 代理人 100076174

弁理士 宮井 暎夫

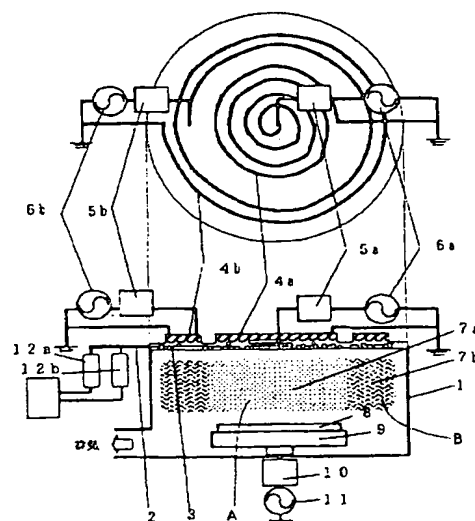
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法とプラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 高密度プラズマであってもラジカル密度が低下しないプラズマ処理方法とプラズマ処理装置を得る。

【解決手段】 真空中に排気されたプラズマ生成室1に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台9に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理する装置であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bにおけるプラズマ密度を、試料処理台直上の空間領域Aにおけるプラズマ密度より小さくしたことを特徴とするものである。



- A 試料台直上の空間領域 5a, 5b, 10 マッチング回路  
B 試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域 6a, 6b, 11 高周波電源  
1 プラズマ生成室 7a 高圧プラズマ  
2 ガス導入口 7b 低圧プラズマ  
3 石英板 8 ウェハ  
4a, 4b コイル 9 下部電極  
12a, 12b ガス供給系

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理方法であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度を、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくすることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度が、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、前記各空間領域毎に高周波電力を独立して供給する複数のコイルを設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度が、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、外部磁場を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域が、試料処理台直上の空間領域より高圧でかつプラズマ密度が小さくなるように、前記各空間領域をコンダクタンスの小さい圧力隔壁にて分離したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】 異なる圧力に分離された各空間領域に対して別個にガス導入系を配し、供給ガス種の分圧比を別個に定めることを特徴とする請求項 4 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理方法であって、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度を、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくすることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 7】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガ

スを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度が、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、前記各空間領域毎に高周波電力を独立して供給する複数のコイルを設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度が、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、外部磁場を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】 真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域が、天板壁近傍の空間領域より高圧でかつプラズマ密度が小さくなるように、前記各空間領域をコンダクタンスの小さい圧力隔壁にて分離したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】 異なる圧力に分離された各空間領域に対して別個にガス導入系を配し、供給ガス種の分圧比を別個に定めることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、高周波放電プラズマを用いたプラズマ処理方法とプラズマ処理装置、特にエッチング処理に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】高周波放電を用いたプラズマ処理方法は、半導体製造方法において、微細加工のためのドライエッチング、薄膜形成のためのスパッタリング、プラズマ CVD、イオン注入等さまざまなところで用いられている。以下、プラズマ処理方法の適用例として、微細加工に適したドライエッチングについて説明する。ドライエッチング技術として最も広く用いられている反応性イオンエッチングは、適当なガスの高周波放電プラズマ中に試料をさらすことによりエッチング反応を起こさせ、試料の表面の不要部分を除去するものである。

【0003】反応性イオンエッチングにおいては、微細化を促進するためにイオンの方向性を揃えることが必要であるが、そのためにはプラズマ中でのイオンの散乱を減らすことが不可欠である。イオンの方向性を揃えるためには、プラズマ発生装置内の圧力を低くし、イオンの

平均自由行程を大きくすることが効果的であるが、プラズマ密度が低下しエッチ速度が低くなるという問題がある。

【0004】その対策として、誘導結合型プラズマ装置やヘリコン型プラズマ装置等の高密度プラズマ装置が導入されつつある。高密度プラズマ装置は、従来からある平行平板型R I E装置に比べ10倍～100倍程度高密度のプラズマを発生でき、圧力が1/10から1/100程度低い条件下でも平行平板型R I E装置と同等以上のエッチング速度が得られる。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようにして改良された従来のプラズマ処理方法においても、エッチング形状の異常、マイクロローディング効果の発生、ゲート絶縁膜の劣化や破壊の発生という問題点があった。これらは、進行する微細化に対して依然プラズマ中の化学反応の制御範囲が狭いこと、さらには高密度プラズマであるが故に、チャージアップが著しい、過度の解離によってラジカル密度が低下するといったことに原因している。以下、図7に示す誘導結合型プラズマ装置を例にとって説明する。

【0006】本装置は、誘導結合方式によるプラズマ生成室61により構成されており、チャンバーは接地されている。ガス導入口62からは、反応性ガス、例えば酸化膜エッチングの場合、 $\text{CHF}_3$  (50%) /  $\text{C}_4\text{F}_8$  (50%) の混合ガスを、50 s c c m, 5 P a程度に導入する。プラズマ生成室61に石英板63を隔てて上部に取り付けられたコイル64に、マッチング回路65を介して高周波電源66より高周波電力を印加することによりプラズマ67を生成することができる。試料となるウェハ68は、コイル64に対向する形で試料処理台、すなわち下部電極69上に置かれ、マッチング回路70を介して高周波電源71より高周波電力を供給することでエッチングが進行する。なお、72a、72bはガス供給系である。

【0007】次に、反応性ガスとして、特に $\text{Ar}$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ を用いた場合を例にとって、生成されるプラズマ67の特性を図8および図9に示す。図8および図9は、 $\text{Ar}$ ガスをを用いた場合の電子密度および $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスをを用いた場合のF原子密度、CFおよび $\text{CF}_2$ ラジカル密度の投入高周波電力依存性を示す図である。図8から分かるように、 $1.0^{11}$ から $1.0^{12}\text{cm}^{-3}$ の高密度プラズマが生成され、投入電力増加とともにプラズマ密度が増加し、それに伴って解離反応が促進されF原子密度も単調に増加しているのが分かる。一方、図9では、ガス種・ラジカル種毎に差はあるものの、高周波電力の増加に対して、すなわち、プラズマ密度の増加あるいは解離反応の進行に対して、ラジカル密度は増加の後、飽和あるいは減少する傾向にある。このことは、高密度プラズマ下においては、いっ

たん生成されたラジカルが、過剰な解離反応や電子衝突によって破壊される機構が存在することを示すと考えられる。

【0008】一般に、エッチング反応は、プラズマから供給される様々な種によって進行し、エッチング形状は、それらの被エッチング試料面への輸送量に大きく影響される。すなわち、ラジカル、原子は、エッチング反応に寄与するとともに、膜形成の前駆体として選択性向上や側壁保護に寄与するが、一方、イオンは、エッチング反応のイオン支援過程に関与し、その指向性によって形状の異方性に寄与する。したがって、選択性・異方性・速度に優れたエッチングを実現するには、これらとともに豊富に供給・制御する必要がある。しかしながら、高密度プラズマ源においては、図8および図9に見られたように、高供給電力領域では高いイオン電流密度が得られるにもかかわらず、ラジカル密度が低下するためにその特質を十分に生かし切れていない面がある。

【0009】この発明は、高密度プラズマであってもラジカル密度が低下しないプラズマ処理方法とプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1記載のプラズマ処理方法は、真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理方法であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度を、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくすることを特徴とするものである。

【0011】請求項2記載のプラズマ処理装置は、真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度が、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、各空間領域毎に高周波電力を独立して供給する複数のコイルを設けたことを特徴とするものである。

【0012】請求項3記載のプラズマ処理装置は、真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度が、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、外部磁場を設けたことを特徴とするものである。

【0013】請求項4記載のプラズマ処理装置は、真空

に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域が、試料処理台直上の空間領域より高圧でかつプラズマ密度が小さくなるように、各空間領域をコンダクタンスの小さい圧力隔壁にて分離したことを特徴とするものである。

【0014】なお、異なる圧力に分離された各空間領域に対して別個にガス導入系を配し、供給ガス種の分圧比を別個に定める。請求項1ないし請求項5記載のプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度を、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくしたので、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域は、主として高密度のラジカルの供給源となり、試料処理台直上の空間領域は、主として均一で高いイオン電流の供給源となる。すなわち、ラジカルは高密度プラズマ中における損失を除いては長寿命であるために、プラズマ密度の低い試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域で効率的に生成され、壁近傍に停留するという性質を利用し、試料に対峙する試料処理台直上の空間領域からは高密度プラズマによってイオンが効率的に生成／輸送される一方で、低密度プラズマによって効率的に生成されたラジカルが高密度プラズマ中をなるべく通過せず、その等方性と長寿命性によって試料台表面に輸送される。このように、イオンとラジカルの供給を両立／独立させ、これまでのプラズマ源では実現できない高機能なプラズマ処理を実現することができる。さらに、異なる圧力に分離された各領域に対して別個にガス導入系を配することで、主として均一で高いイオン電流を供給するのに適したガス系と、高密度のラジカルを供給するのに適したガス系を、それぞれの領域で選択することができ、より高機能なプラズマ処理を実現することができる。

【0015】請求項6記載のプラズマ処理方法は、真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理方法であって、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度を、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくすることを特徴とするものである。

【0016】請求項7記載のプラズマ処理装置は、真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であっ

て、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度が、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、各空間領域毎に高周波電力を独立して供給する複数のコイルを設けたことを特徴とするものである。

【0017】請求項8記載のプラズマ処理装置は、真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度が、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくなるように、外部磁場を設けたことを特徴とするものである。

【0018】請求項9記載のプラズマ処理装置は、真空中に排気された試料処理室に、処理ガスを導入すると共に高周波電力を供給することによりプラズマを発生させ、試料処理台に設置された被加工試料表面を該プラズマにさらすことによって処理するプラズマ処理装置であって、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域が、天板壁近傍の空間領域より高圧でかつプラズマ密度が小さくなるように、各空間領域をコンダクタンスの小さい圧力隔壁にて分離したことを特徴とするものである。

【0019】なお、異なる圧力に分離された各空間領域に対して別個にガス導入系を配し、供給ガス種の分圧比を別個に定める。請求項6ないし請求項10記載のプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度を、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくしたので、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域は、主として高密度のラジカルの供給源となり、天板壁近傍の空間領域は、主として均一で高いイオン電流の供給源となる。すなわち、天板壁近傍の空間領域からは高密度プラズマによってイオンが効率的に生成／輸送される一方で、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域で低密度プラズマによって効率的に生成されたラジカルが高密度プラズマ中をなるべく通過せず、その等方性と長寿命性によって試料台表面に輸送される。このように、イオンとラジカルの供給を両立／独立させ、これまでのプラズマ源では実現できない高機能なプラズマ処理を実現することができる。さらに、異なる圧力に分離された各領域に対して別個にガス導入系を配することで、主として均一で高いイオン電流を供給するのに適したガス系と、高密度のラジカルを供給するのに適したガス系を、それぞれの領域で選択することができ、より高機能なプラズマ処理を実現することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】第1の実施の形態

この発明の第1の実施の形態について、図1を参照しな

がら説明する。図1は、プラズマ処理装置の構造を示す模式図である。本装置は、誘導結合方式によるプラズマ生成室1により構成されており、チャンバーは接地されているが、コイル4a、4bは同心円状に2分割されている。ガス導入口2からは、反応性ガスを、50 sccm、5 Pa程度に導入する。プラズマ生成室1の上部に石英板3を隔てて取り付けられたコイル4a、4bに、マッチング回路5a、5bを介して高周波電源6a、6bより高周波電力を印加することによりプラズマ7a、7bを生成することができる。試料となるウェハ8は、コイル4a、4bに対向する形で試料処理台となる下部電極9上に置かれ、マッチング回路10を介して高周波電源11よりバイアス用高周波電力が供給される。例えば酸化膜エッチングの場合、 $\text{CHF}_3$  (50%) /  $\text{C}_4\text{F}_8$  (50%) の混合ガスをガス供給系12a、12bを用いて混合した後、ガス導入口2に送り込む。

【0021】すなわち、プラズマ生成室1に、コイル4a、4bを用いて複数の誘導結合型プラズマ源を設け、試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bと、試料台直上の空間領域Aに対し、それぞれ独立なプラズマ7b、7aを発生させることができる。試料台直上の空間領域Aは主として均一で高いイオン電流を供給する高密度プラズマ7aの生成部とし、試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bはこれとは独立に主として高密度のラジカルを供給する比較的低密度のプラズマ7bの生成部としている。空間的にプラズマ密度を変える方法としては、本誘導結合方式の場合を例にとると、単位面積あたりのコイルターン数を変えたり、電流密度を変えたりする方法等がある。

【0022】このように構成されたプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bと、試料処理台直上の空間領域Aに対してそれぞれ独立してプラズマを発生させるので、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bは、主として高密度のラジカルを供給する比較的低密度のプラズマ7bの生成部とし、試料処理台直上の空間領域Aは、主として均一で高いイオン電流を供給する高密度プラズマ7aの生成部とすることで、プラズマ生成領域を径方向に分離して、それぞれを主にラジカルとイオンの供給源にすることができる。すなわち、ラジカルは高密度プラズマ中における損失を除いては長寿命であるために、プラズマ密度の低い試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bで効率的に生成され、壁近傍に停留するという性質を利用し、試料に対峙する試料処理台直上の空間領域Aからは高密度プラズマ7aによってイオンが効率的に生成／輸送される一方で、低密度プラズマ7bによって効率的に生成されたラジカルが高密度プラズマ7a中をなるべく通過せず、その等方性と長寿命性によって試料台表面に輸送される。このように、イオンとラジカルの供給を両立／独立

させ、これまでのプラズマ源では実現できない高機能なプラズマ処理を実現することができる。

### 【0023】第2の実施の形態

この発明の第2の実施の形態について、図2を参照しながら説明する。なお、図1と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図2は、プラズマ処理装置の構造を示す模式図である。本装置も誘導結合方式によるが、磁場コイル（ヘルムホルツコイル）13によって外部磁場を印加できる構成になっている。14はコイル、15はマッチング回路、16は高周波電源である。

【0024】イオン／ラジカル生成の機構からは、最低限、試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bのプラズマ密度を、試料台直上の空間領域Aのプラズマ密度よりも小さくすることが必要である。空間的にプラズマ密度を変える方法としては、カブス磁場等によるプラズマの閉じこめを利用することができ、試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bに低密度プラズマ17bを、試料台直上の空間領域Aに高密度プラズマ17aを発生させることができる。

【0025】このように構成されたプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bは、主として高密度のラジカルを供給する比較的低密度のプラズマ17bの生成部とし、試料処理台直上の空間領域Aは、主として均一で高いイオン電流を供給する高密度プラズマ17aの生成部とすることで、プラズマ生成領域を径方向に分離して、それぞれを主にラジカルとイオンの供給源にすることができ、高機能なプラズマ処理を実現することができる。

### 【0026】第3の実施の形態

この発明の第3の実施の形態について、図3を参照しながら説明する。なお、図1および図2と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図3は、プラズマ処理装置の構造を示す模式図である。本装置も誘導結合方式によるが、コンダクタンスの低い圧力隔壁24によって圧力的に試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bと、試料台直上の空間領域Aを分離した構成になっている。試料台直上の空間領域Aは主として均一で高いイオン電流を供給する低圧高密度プラズマ27aの生成部とし、試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域Bはこれとは独立に主として高密度のラジカルを供給する比較的高圧低密度のプラズマ27bの生成部とする。

【0027】本装置では、さらに別個にガス導入口22a、22bを設け、供給する混合ガスの分圧差を設けることを特徴としており、主として均一で高いイオン電流を供給するに適したガス系、例えば $\text{CF}_4$  /  $\text{Ar}$  と、高密度のラジカルを供給するに適したガス系、例えば $\text{C}_4\text{F}_8$  をそれぞれの領域で選択することができる。すなわち、試料台直上の空間領域Aには、主として均一で高い

イオン電流を供給するに適したガス系のガス導入口 22b が接続され、試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域 B には、高密度のラジカルを供給するに適したガス系のガス導入口 22a が接続されている。

【0028】このように構成されたプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域 B は、主として高密度のラジカルを供給する比較的高圧低密度のプラズマ 27b の生成部とし、試料処理台直上の空間領域 A は、主として均一で高いイオン電流を供給する低圧高密度プラズマ 27a の生成部とすることで、プラズマ生成領域を径方向に分離して、それぞれを主にラジカルとイオンの供給源にすることができ、高機能なプラズマ処理を実現することができる。さらに、異なる圧力に分離された各領域に対して別個にガス導入系を配することで、主として均一で高いイオン電流を供給するに適したガス系と、高密度のラジカルを供給するに適したガス系を、それぞれの空間領域 A、B で選択することができ、より高機能なプラズマ処理を実現することができる。

#### 【0029】第 4 の実施の形態

この発明の第 4 の実施の形態について、図 4 を参照しながら説明する。なお、図 1 と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図 4 は、プラズマ処理装置の構造を示す模式図である。本装置も誘導結合方式によるプラズマ生成室 1 により構成されており、チャンバーは接地されているが、コイルは天板壁と側壁部に、それぞれスパイラルタイプ 34a とヘルムホルツタイプ 34b に分割されて設けられている。なお、35a、35b はマッチング回路、36a、36b は高周波電源である。本発明によれば、コイル 34a、34b を用いて、天板壁近傍の空間領域 C と、試料台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D に対してそれぞれ独立なプラズマ 37a、37b を発生させることができる。天板壁近傍の空間領域 C は主として均一で高いイオン電流を供給する高密度プラズマ 37a の生成部とし、試料台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D はこれとは独立に主として高密度のラジカルを供給する比較的低密度のプラズマ 37b の生成部とする。空間的にプラズマ密度を変える方法としては、本誘導結合方式の場合を例にとると、単位面積あたりのコイルターン数を変えたり、電流密度を変えたりする方法等がある。

【0030】このように構成されたプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D と、天板壁近傍の空間領域 C に対してそれぞれ独立してプラズマを発生させるので、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D は、主として高密度のラジカルを供給する比較的低密度のプラズマ 37b の生成部とし、天板壁近傍の空間領域 C は、主として均一で高いイオン電流を供給する高密度プラズマ 37a の生成部とすることで、プラズマ生成領域を軸方向

に分離して、それぞれを主にラジカルとイオンの供給源にすることができる。すなわち、天板壁近傍の空間領域 C からは高密度プラズマ 37a によってイオンが効率的に生成／輸送される一方で、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D で低密度プラズマ 37b によって効率的に生成されたラジカルが高密度プラズマ 37a 中をなるべく通過せず、その等方性と長寿命性によって試料台表面に輸送される。このように、イオンとラジカルの供給を両立／独立させ、これまでのプラズマ源では実現できない高機能なプラズマ処理を実現することができる。

#### 【0031】第 5 の実施の形態

この発明の第 5 の実施の形態について、図 5 を参照しながら説明する。なお、図 1 および図 2 と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図 5 は、プラズマ処理装置の構造を示す模式図である。本装置も誘導結合方式によるが、磁場コイル（ヘルムホルツコイル）43 によって外部磁場が印加できる構成になっている。イオン／ラジカル生成の機構からは、最低限、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D のプラズマ密度を、天板壁近傍の空間領域 C のプラズマ密度よりも小さくすることが必要である。空間的にプラズマ密度を変える方法としては、カブス磁場等によるプラズマの閉じこめを利用することができ、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D に低密度プラズマ 47b を、天板壁近傍の空間領域 C に高密度プラズマ 47a を発生させることができる。

【0032】このように構成されたプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D は、主として高密度のラジカルを供給する比較的低密度のプラズマ 47b の生成部とし、天板壁近傍の空間領域 C は、主として均一で高いイオン電流を供給する高密度プラズマ 47a の生成部とすることで、プラズマ生成領域を軸方向に分離して、それぞれを主にラジカルとイオンの供給源にすることができ、高機能なプラズマ処理を実現することができる。

#### 【0033】第 6 の実施の形態

この発明の第 6 の実施の形態について、図 6 を参照しながら説明する。なお、図 1 ないし図 3 と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図 6 は、プラズマ処理装置の構造を示す模式図である。本装置も誘導結合方式によるが、コンダクタンスの低い圧力隔壁 54 によって圧力的に試料台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D と、天板壁近傍の空間領域 C を分離した構成になっている。天板壁近傍の空間領域 C は、主として均一で高いイオン電流を供給する低圧高密度プラズマ 57a の生成部とし、試料台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域 D は、これとは独立に主として高密度のラジカルを供給する比較的高圧低密度のプラズマ 57b の生成部とする。

【0034】本装置ではさらに別個にガス導入口 52



a, 52bを設け、供給する混合ガスの分圧差を設けることを特徴としており、主として均一で高いイオン電流を供給するに適したガス系、例えばCF<sub>4</sub>/Arと、高密度のラジカルを供給するに適したガス系、例えばC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>をそれぞれの領域で選択することができる。すなわち、天板壁近傍の空間領域Cには主として均一で高いイオン電流を供給するに適したガス系のガス導入口52aを接続し、試料台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域Dには高密度のラジカルを供給するに適したガス系のガス導入口52bを接続する。

【0035】このように構成されたプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域Dは、主として高密度のラジカルを供給する比較的高圧低密度のプラズマ57bの生成部とし、天板壁近傍の空間領域Cは、主として均一で高いイオン電流を供給する低圧高密度プラズマ57aの生成部とすることで、プラズマ生成領域を軸方向に分離して、それぞれを主にラジカルとイオンの供給源にすることができ、高機能なプラズマ処理を実現することができる。さらに、異なる圧力に分離された各領域に対して別個にガス導入系を配することで、主として均一で高いイオン電流を供給するに適したガス系と、高密度のラジカルを供給するに適したガス系を、それぞれの空間領域C、Dで選択することができ、より高機能なプラズマ処理を実現することができる。

【0036】なお、前記各実施の形態では、微細加工に適したドライエッチングについて示したが、これに限るものではなく、例えば、薄膜形成のためのスパッタリング、プラズマCVD、イオン注入等におけるプラズマ処理に適用してもよい。

#### 【0037】

【発明の効果】請求項1ないし請求項5記載のプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域におけるプラズマ密度を、試料処理台直上の空間領域におけるプラズマ密度より小さくしたので、試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域は、主として高密度のラジカル供給源となり、試料処理台直上の空間領域は、主として均一で高いイオン電流供給源となる。すなわち、ラジカルは高密度プラズマ中における損失を除いては長寿命であるために、プラズマ密度の低い試料処理台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域で効率的に生成され、壁近傍に停留するという性質を利用し、試料に対峙する試料処理台直上の空間領域からは高密度プラズマによってイオンが効率的に生成／輸送される一方で、低密度プラズマによって効率的に生成されたラジカルが高密度プラズマ中をなるべく通過せず、その等方性と長寿命性によって試料台表面に輸送される。このように、イオンとラジカル供給を両立／独立させ、これまでのプラズマ源では実現できない高機能なプラズマ処理を実現

することができる。さらに、異なる圧力に分離された各領域に対して別個にガス導入系を配することで、主として均一で高いイオン電流を供給するのに適したガス系と、高密度のラジカルを供給するに適したガス系を、それぞれの領域で選択することができ、より高機能なプラズマ処理を実現することができる。

【0038】請求項6ないし請求項10記載のプラズマ処理方法とプラズマ処理装置によると、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度を、天板壁近傍の空間領域におけるプラズマ密度より小さくしたので、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域は、主として高密度のラジカル供給源となり、天板壁近傍の空間領域は、主として均一で高いイオン電流供給源となる。すなわち、天板壁近傍の空間領域からは高密度プラズマによってイオンが効率的に生成／輸送される一方で、試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域で低密度プラズマによって効率的に生成されたラジカルが高密度プラズマ中をなるべく通過せず、その等方性と長寿命性によって試料台表面に輸送される。このように、イオンとラジカル供給を両立／独立させ、これまでのプラズマ源では実現できない高機能なプラズマ処理を実現することができる。さらに、異なる圧力に分離された各領域に対して別個にガス導入系を配することで、主として均一で高いイオン電流を供給するに適したガス系と、高密度のラジカルを供給するに適したガス系を、それぞれの領域で選択することができ、より高機能なプラズマ処理を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態におけるプラズマ処理装置の模式図である。

【図2】この発明の第2の実施の形態におけるプラズマ処理装置の模式図である。

【図3】この発明の第3の実施の形態におけるプラズマ処理装置の模式図である。

【図4】この発明の第4の実施の形態におけるプラズマ処理装置の模式図である。

【図5】この発明の第5の実施の形態におけるプラズマ処理装置の模式図である。

【図6】この発明の第6の実施の形態におけるプラズマ処理装置の模式図である。

【図7】従来例におけるプラズマ処理装置の模式図である。

【図8】従来例におけるプラズマ処理装置の特性図である。

【図9】従来例におけるプラズマ処理装置の特性図である。

#### 【符号の説明】

A 試料台直上の空間領域

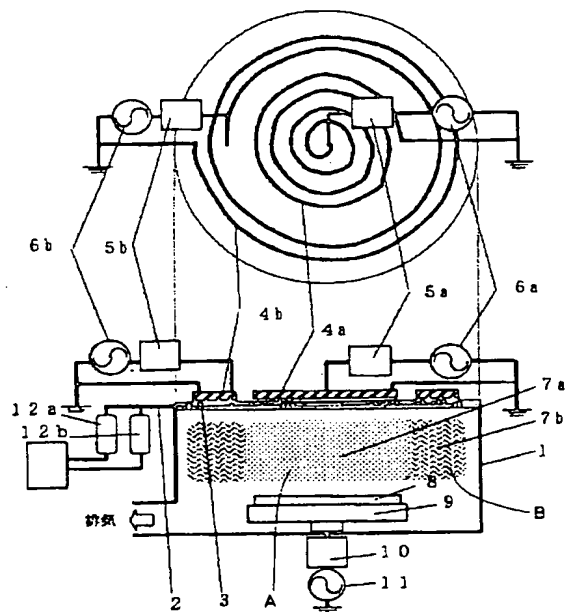
B 試料台外周部から試料処理室側面壁までの空間領域

C 天板壁近傍の空間領域

13

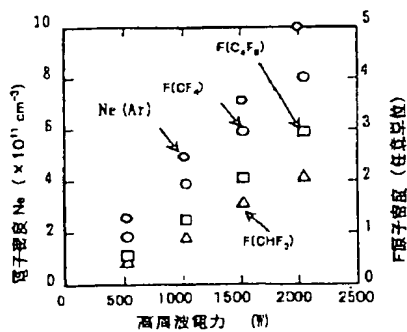
- D 試料処理台周辺を含んだ底面壁近傍の空間領域  
 1 プラズマ生成室（試料処理室）  
 2, 22 a, 22 b, 52 a, 52 b ガス導入口  
 3 石英板  
 4 a, 4 b, 14, 34 a, 34 b コイル  
 5 a, 5 b, 10, 15, 35 a, 35 b マッチング回路  
 回路  
 6 a, 6 b, 11, 16, 36 a, 36 b 高周波電源  
 7 a, 17 a, 27 a, 37 a, 47 a, 57 a 高圧

【図1】

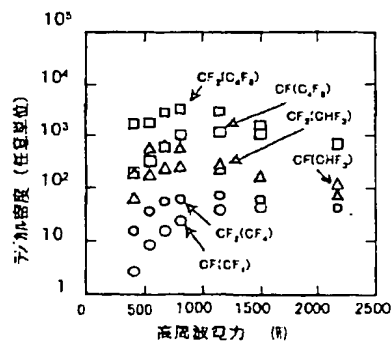


- A 試料台直上の空間領域 5 a, 5 b, 10 マッチング回路  
 B 試料台外周部から試料処理室 6 a, 6 b, 11 高周波電源  
 側面壁までの空間領域 7 a 高圧プラズマ  
 1 プラズマ生成室 7 b 低圧プラズマ  
 2 ガス導入口 8 ウェハ  
 3 石英板 9 下部電極  
 4 a, 4 b コイル 12 a, 12 a ガス供給系

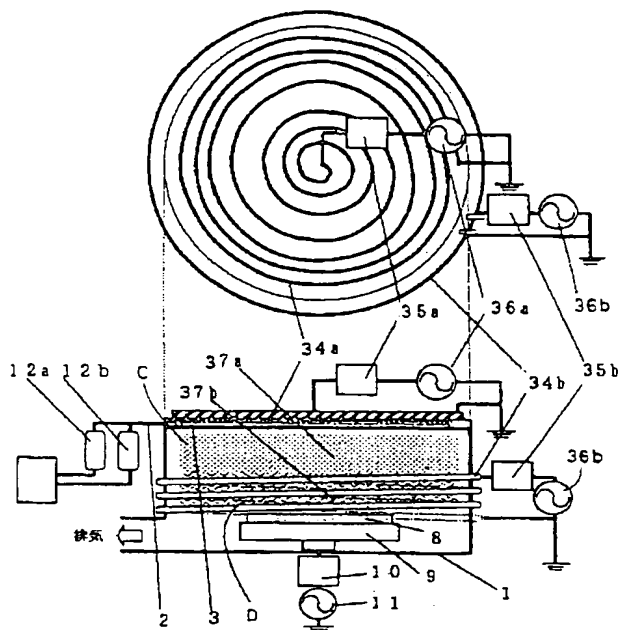
【図8】



【図9】

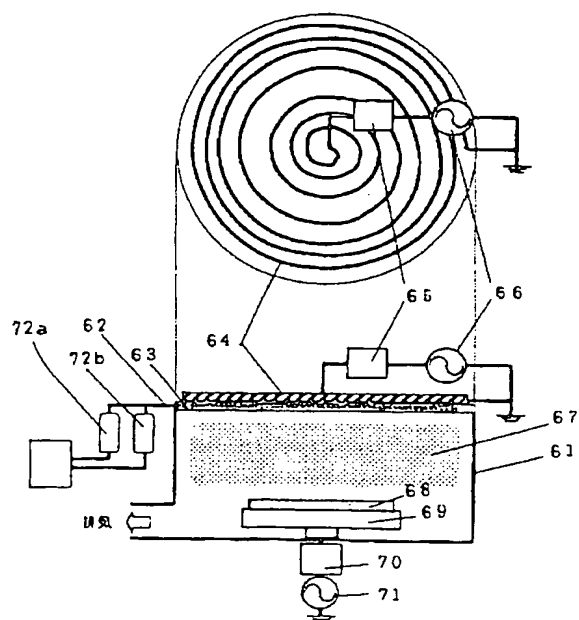


【圖 4】

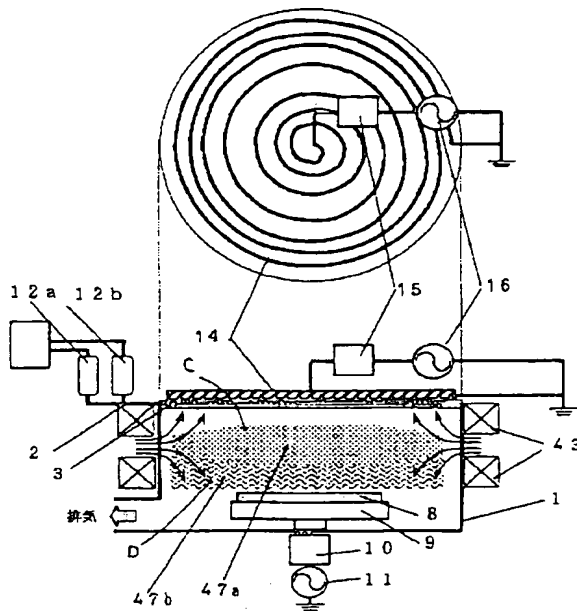


|   |                           |              |              |
|---|---------------------------|--------------|--------------|
| C | 天板壁近傍の空間領域                | 3 5 a, 3 5 b | マッチング回路      |
| D | 試料処理台周辺を含んだ<br>底面壁近傍の空間領域 | 3 6 a, 3 6 b | 高周波電源        |
| 8 | 石英板                       | 3 7 a        | 高圧プラズマ       |
|   | 3 4 a, 3 4 b              | コイル          | 3 7 b 低圧プラズマ |

【圖 7】

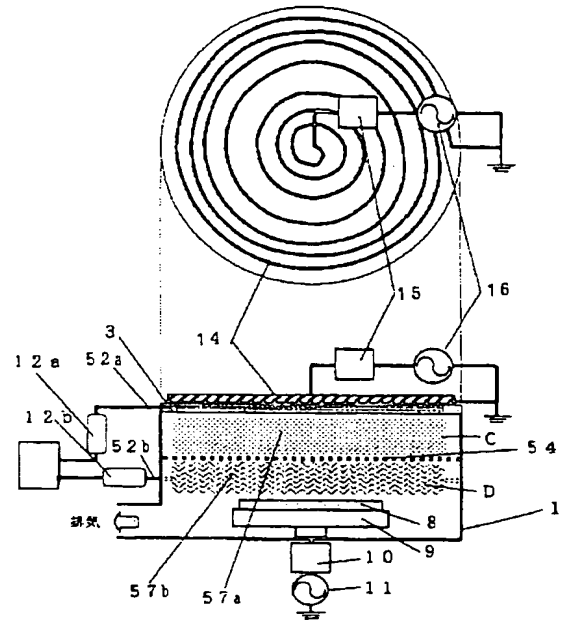


【図 5】



43 磁場コイル  
47a 高圧プラズマ  
47b 低圧プラズマ

【図 6】



52a, 52b ガス導入口  
54 圧力隔壁  
57a 高圧プラズマ  
57b 低圧プラズマ

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/31

H05H 1/46

識別記号

F I

H01L 21/31

H05H 1/46

テマコード (参考)

C

A

L

(72) 発明者 久保田 正文

大阪府高槻市幸町 1 番 1 号 松下電子工業  
株式会社内

F ターム (参考) 4K030 CA04 DA04 EA06 FA04 HA07

HA08 JA07 JA09 JA16 JA20

KA12 KA30 KA32 KA34 LA15

4K057 DA16 DD01 DD02 DE08 DE14

DE20 DG12 DG15 DM01 DMO6

DM17 DM22 DM28

5F004 BA20 BB07 BB13 BB28 BC03

BD04 BD05 BD06 CA02 DA01

DA16 DA23 DB03

5F045 AA08 AA19 DP02 DQ11 EB02

EE12 EH01 EH02 EH04 EH06

EH11 EH16

5F103 AA08 AA10 BB15 BB23 PP15